



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 44 39 879.4-52
22 Anmeldetag: 8. 11. 94
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 1. 2. 96

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

VEGA Grieshaber KG, 77709 Wolfach, DE

74 Vertreter:

Patentanwältin Westphal, Mussegun & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

72 Erfinder:

Raffalt, Felix, Dipl.-Ing., 77716 Fischerbach, DE

58 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 42 03 987 A1
DE 37 34 077 A1

54 Vibrations-Füllstand-Grenzschalter

- 57 Der erfindungsgemäße Vibrations-Füllstand-Grenzschalter weist eine Schwingvorrichtung zur Füllstandererfassung auf, welche in den Rückkopplungsweig eines Rückkopplungsverstärkers geschaltet ist, sowie eine Frequenzauswerteschaltung, die das Ausgangssignal des Rückkopplungsverstärkers auswertet und ein Ausgangssignal erzeugt. In den Eingangskreis des Rückkopplungsverstärkers ist eine Additionsstufe geschaltet, der einerseits das Ausgangssignal der Schwingvorrichtung und andererseits ein definiert abgeschwächtes Ausgangssignal eines vom Ausgang des Rückkopplungsverstärkers parallel zur Schwingvorrichtung geschalteten Resonanzelements zugeführt wird. Das summierte Ausgangssignal der Additionsstufe wird dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers zugeführt. Auf diese Weise werden sicherheitsgefährdende Zustände bei defekten Resonatoren eines Vibrations-Füllstand-Grenzschalters vermieden.

Die Erfindung betrifft einen Vibrations-Füllstand-Grenzschalter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Derartige Grenzschalter sind Sensoren, die auf Basis elektrischer rückgekoppelter Vibrationsresonatoren zur Signalisierung diskreter Niveauzustände in der industriellen Füllstandmeßtechnik verwendet werden. Beispiele solcher Sensoren sind u. a. DE 37 34 077 A1 sowie DE 42 03 967 A1 beschrieben.

Neben allgemeinen Melde- und Steueraufgaben werden derartige Sensoren auch zur Überwachung sicherheitsrelevanter Füllstandwerte eingesetzt. Der Ausfall eines derartigen Grenzstandsensors, z. B. in Form eines Vibrations-Füllstand-Grenzschalters, kann dabei zu erheblichen Schäden der Umwelt, von Personen oder Investitionsgütern führen.

Derartige Anwendungen können z. B. die Maximumdetektion bei Überfüllsicherungen für gefährliche Füllgüter, die Minimumdetektion von Kühlmitteln für nukleare und chemische Reaktoren, der Trockenlaufschutz für Pumpen und Turbinen oder die Schmiermittelmindeststandsüberwachung für Motoren, Verdichter, Werkzeugmaschinen, usw. sein.

Bei Vibrationsensoren zur Detektion von Flüssigkeiten repräsentiert die Resonanzfrequenz des in den zu messenden Behälter eingebrachten Resonators dessen Bedeckungszustand und wird daher durch eine geeignete Auswertelektronik in ein binäres Füllstandausgangssignal umgesetzt.

Die eindeutige Meßbarkeit der Resonanzfrequenz des Resonators kann jedoch verhindert sein, wenn dessen vorzugsweise piezoelektrische Antriebs- und Schwingungsdetektionssystem aufgrund eines Defektes kein oder ein in der Amplitude zu geringes elektrisches Ausgangssignal erzeugt. Die Folge ist, daß durch kapazitives Übersprechen der Signalleitungen sowie durch elektromagnetische Einstreuungen Signalfrequenzen auftreten können, die zu einer falschen Füllhöhenbestimmung führen.

Als Ursachen für eine derartige unzureichende Amplitude des Schwingungssignals kann in der Praxis z. B. eine Verklebung des Resonators durch Fremdkörper im Füllgut oder durch Gewaltwirkung vorliegen. Des weiteren kann eine Depolarisation der Piezokristalle infolge mechanischer Überlastung, die z. B. durch Stoßdruckwellen verursacht wird, eine zu hohe Füllguttemperatur oder zu starke Strahleneinwirkung, z. B. bei kerntechnischen Anlagen, zu oben genannten Fehlern führen, oder auch eine unzureichende mechanische Vorspannung der als Anreger dienenden Piezokristalle, ein Eindringen von korrosivem oder leitfähigem Füllgut in das Antriebssystem oder gar ein mechanischer Bruch dieser Piezokristalle als Fehlerursache vorliegen.

Bekannt ist die Detektion fehlerhafter Signalzustände durch Überwachung der Schwingfrequenz auf einen maximalen sowie einen minimalen Grenzwert. Befindet sich das Schwingungsdetektionssignal außerhalb des zulässigen Toleranzbereichs, so erfolgt die Ausgabe einer Störmeldung, bzw. der Schaltausgang des Füllstandsensors geht in den analogen sicheren Zustand über, z. B. in den Ausschaltzustand bei einer Ruhestromsicherheitsschaltung.

Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß fehlerhafte und damit sicherheitsgefährdende Signalzustände, welche im Nennfrequenzbereich der Schwingungseinrichtung liegen, nicht als solche erkannt werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ei-

nen Vibrations-Füllstand-Grenzschalter anzugeben, der bei zu geringer und damit fehlerhafter Schwingungsdetektionssignalamplitude den Schaltausgang des Sensors in den für die Anwendung sicheren Zustand überführt bzw. die Ausgabe einer Störmeldung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch einen Vibrations-Füllstand-Grenzschalter gemäß Anspruch 1 gelöst. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Vorteil der Erfindung ist, daß durch die zusätzliche Parallelschaltung eines weiteren Resonanzelements zum Rückkopplungsweig des Rückkoppelverstärkers ein fehlerhaftes Signal des Meßglieds, also des zur Messung eingesetzten Resonators, auf einfache Weise erkannt werden kann, da bei zu geringer Amplitude des Ausgangssignals des Meßglieds dieses Signal durch das Ausgangssignal des parallel geschalteten Resonanzelements praktisch überschrieben wird und ein den Sicherheitszustand nicht gefährdendes Signal ausgegeben werden kann. Im Normalbetrieb, d. h. bei intaktem Meßglied hingegen dominiert dessen Ausgangssignal und die Wirkung des zusätzlichen Resonanzelements wird dann durch dieses unterdrückt. Auf diese Weise kann mit einfachen Mitteln ein sicherheitsgefährdender Signalzustand vermieden werden. Die Anordnung ist dabei ohne besonderen Aufwand leicht in einen vorhandenen Vibrations-Füllstand-Grenzschalter integrierbar, da lediglich wenige zusätzliche Bauelemente erforderlich sind.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird zweckmäßigerweise eine Additionsstufe bzw. ein Summierer vorgesehen, der bzw. dem einerseits das Ausgangssignal der Schwingvorrichtung und andererseits das Ausgangssignal des Resonanzelements zugeführt wird. Hierbei wird das Ausgangssignal der Additionsstufe dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers zugeführt.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann die Resonanzfrequenz des zusätzlichen Resonanzelements vorteilhafterweise umschaltbar ausgeführt werden, um sowohl z. B. einen Maximums als auch einen Minimumwert wahlweise als ein im Fehlerfall den Sicherheitszustand des Systems nicht gefährdendes Signal auszugeben.

In einer vorteilhaften Ausführungsform besteht das zusätzliche Resonanzelement aus einem Bandfilter, dem vorzugsweise ein Abschwächer vor- oder nachgeschaltet ist. Der Abschwächer dient dazu, das Ausgangssignal des Resonanzelements im Vergleich zum Ausgangssignal der Schwingvorrichtung kleiner einzustellen. Eine Abschwächung könnte aber auch dadurch erreicht werden, indem die Güte und die Ausgangsimpedanz des Resonanzelements a priori derart bemessen wird, daß das gewünschte Amplitudenverhältnis der beiden Ausgangssignale am Eingang des Rückkopplungsverstärkers erreicht wird. Das Bandfilter ist beispielsweise voll elektronisch ausgebildet und kann dann in seiner Resonanzfrequenz umschaltbar ausgestaltet werden.

In einer weiteren Ausgestaltung kann der Bereich der Resonanzfrequenz des zusätzlichen Resonanzkreises auch außerhalb des Nennbereichs des Sensors liegen, um dann vorteilhafterweise von einem zusätzlichen Detektionsschaltkreis erkannt zu werden und z. B. ein Fehlersignal zu erzeugen.

Durch Vorsehen eines Schalters zwischen dem Ausgang des Schwingungsdetektionssystems und der Additionsstufe oder auch im Eingang des Schwingungsdetektionssystems kann vorteilhafterweise ein Testmodus für die nachgeschaltete Elektronik des Grenzschalters, bzw. die zusätzliche Schutzelektronik, vorgesehen werden.

Wird der zusätzliche Resonator mit verschiedenen

umschaltbaren Resonanzfrequenzen ausgestattet, so können diese vorteilhafterweise zu einem Teil des Gesamtsystems bei geöffnetem Schalter herangezogen werden. Wird der Schalter geschlossen, so befindet sich das System wieder im Normalbetrieb.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand zweier Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Vibrations-Füllstand-Grenzschalters,

Fig. 2 eine Erweiterung des Grenzschalters gemäß Fig. 1.

In Fig. 1 ist mit 1 eine Schwingvorrichtung bezeichnet, die z. B. aus einem Antriebspiezokristall 2 und einem Schwingungsdetektionspiezokristall 3 besteht. Dieser Füllstandsensor 1 ist derart in den Rückkopplungskreis eines Rückkopplungsverstärkers 6 geschaltet, daß das Ausgangssignal 14 des Rückkopplungsverstärkers 6 dem Eingang des Füllstandensors 1 zugeführt wird und das Ausgangssignal 12 der Schwingvorrichtung 1 über einen Schalter 4 zum ersten Eingang einer Additionsstufe 5 gelangt. Das Ausgangssignal 13 der Additionsstufe 5 wird dann dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers 6 zugeführt. Des weiteren ist eine Frequenzauswerteschaltung 10 vorgesehen, deren Eingang mit dem Ausgang des Rückkopplungsverstärkers 6 gekoppelt ist und die an einer Ausgangsklemme 11 ein Ausgangssignal der Anordnung erzeugt. Parallel zur Schwingvorrichtung 1 ist ein zusätzliches Resonanzelement, hier in Form eines Bandfilters 7, derart geschaltet, daß das Ausgangssignal 14 dem Eingang des Bandfilters 7 zugeführt wird. Dem Bandfilter 7 ist ein Abschwächer 8 nachgeschaltet, so daß das Ausgangssignal 15 des Bandfilters 7 in ein abgeschwächtes Ausgangssignal 16 übergeführt wird, welches dem zweiten Eingang der Additionsstufe 5 zugeführt wird. Das Bandfilter 7 ist des weiteren in seiner Resonanzfrequenz steuerbar, so daß eine Umschalteneinheit 9 die Resonanzfrequenz des Bandfilters 7 bestimmen kann.

Bei geschlossenem Schalter 4 wird das Ausgangssignal 12 des Schwingungsdetektionspiezokristalls 3 des mechanischen Resonators 1 dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers 6 zugeführt, welcher mittels seines Ausgangssignals 14 das Antriebspiezokristall 2 der Schwingvorrichtung 1 erregt. Auf diese Weise schwingt das System auf der vom Füllgutbedeckungszustand abhängigen Resonanzfrequenz der Schwingvorrichtung 1. Zur weiteren Verarbeitung wird das Signal 14 der Frequenzauswertestufe 10 zugeführt, welche in Abhängigkeit von der Frequenz des Ausgangssignals 14 den Schaltzustand 11 ansteuert. Ferner dient das Rückkopplungsverstärker ausgangssignal 14 als Eingangssignal des elektronischen Bandfilters 7, dessen Ausgangssignal 15 vom Abschwächer 8 in das amplitudenverminderte Signal 16 gewandelt wird. Das Signal 16 wird mittels der Signaladditionsstufe 5 zum Schwingungsdetektionssignal 12 der Schwingvorrichtung 1 addiert und dem Rückkopplungsverstärker 6 als Eingangssignal 13 zugeführt.

Im Normalbetrieb des Sensors, d. h. bei intakter Schwingvorrichtung 1, dominiert das Schwingungsdetektionssignal 12 gegenüber dem abgeschwächten Bandfilterausgangssignal 16 und bestimmt daher die Frequenz des Erreger- und Ausgangssignals 14 und somit auch den logischen Zustand an der Ausgangsklemme 11.

Besitzt das Schwingungssignal 12 aufgrund eines Defekts der Schwingvorrichtung 1 eine zu geringe Amplitude oder eine falsche Phasenlage, so wird das Aus-

gangssignal 14 vom abgeschwächten Bandfiltersignal 16 und daher von der Resonanzfrequenz des Bandfilters 7 bestimmt.

Zur Vermeidung eines sicherheitsgefährdenden Schaltzustandes des Ausgangssignals an der Klemme 11 ist das Bandfilter 7 auf einen Wert abgestimmt, welcher dem Anlagenbetreiber den für ihn kritischen Wert des Füllstandes simuliert. Dies bedeutet, daß bei Sensoren, die als Maximumwächter eingesetzt werden, das Bandfilter 7 auf eine niedere Frequenz, welche einer füllgutbedeckenden Schwingvorrichtung entspricht, abgestimmt ist, und daß bei Sensoren, die als Minimumwächter dienen, das Bandfilter auf die entsprechend höhere Frequenz einer unbedeckten Schwingvorrichtung abgestimmt ist.

Die Wahl der Sensorbetriebsart wird durch die Umschalteneinheit 9 vorgenommen, welche auf das Bandfilter 7 einwirkt und dessen Resonanzfrequenz festsetzt.

Die Möglichkeit einer Sensorausfallüberwachungseinrichtung sowie die Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Auswertelektronik wird nachfolgend an Hand von Fig. 2 näher erläutert.

In Fig. 2 ist lediglich ein Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Vibrations-Füllstand-Grenzschalters dargestellt, wobei gleiche Elemente wieder gleiche Bezugszeichen tragen. Die nicht dargestellten Elemente des Vibrations-Füllstand-Grenzschalters entsprechen denen aus Fig. 1. Anstelle der Umschalteneinheit 9 ist hier beispielsweise eine Steuereinheit 17 mit einem nachgeschalteten Wahlschalter 18 zur Bestimmung der Resonanzfrequenz des zusätzlichen Resonanzelements, hier des Bandfilters 7, vorgesehen. Die Steuereinheit 17 dient zur eigentlichen Bestimmung der Resonanzfrequenz des Bandfilters 7 und erzeugt im dargestellten Beispiel drei Ausgangssignale, welche drei Schaltkontakten A, B, C eines Wahlschalters 18 zugeführt werden. Der Mittelkontakt des Wahlschalters 18 ist mit dem Steuereingang des Bandfilters verbunden. Des weiteren ist eine zusätzliche Frequenzauswertestufe 19 vorgesehen, der ebenfalls das Ausgangssignal 14 zugeführt wird und die ein Fehlersignal erzeugt, das an einer weiteren Ausgangsklemme 20 der Anordnung abgegriffen werden kann.

Die Funktion der Sensorüberwachungseinrichtung sowie die Funktionsfähigkeit der Auswertelektronik im Bezug auf Erkennung des anwendungstechnisch kritischen Füllgutniveaustandes kann in einfacher Weise dadurch getestet werden, daß das Schwingungsdetektionssignal 12 durch den Schalter 4 unterbrochen wird und auf diese Weise die Schwingung vom Bandfilter 7 bestimmt wird. Ist der Wahlschalter 18 in Stellung A, so wird beispielsweise eine Resonanzfrequenz des Bandfilters 7 bestimmt die außerhalb des Nennbereichs der Schwingvorrichtung 1 liegt. Die zusätzliche Frequenz auswertestufe 19 erkennt dies und erzeugt ein Fehlersignal. In Stellung B wird die Resonanzfrequenz z. B. auf die Resonanzfrequenz eines bedeckten und in Stellung C auf die einer unbedeckten Schwingvorrichtung 1, also beispielsweise auf die Eckwerte des Frequenzennbereichs der Schwingvorrichtung 1, eingestellt. Auf diese Weise kann die gesamte Sensorelektronik auf einfache Weise getestet werden.

Im dargestellten Beispiel wird durch Stellung des Wahlschalters 18 in Stellung A ein Defekt der Schwingvorrichtung 1 generell zur Ausgabe einer Störmeldung an der Klemme 20 veranlaßt. Hierzu ist die Resonanzfrequenz, die in dieser Schalterstellung bestimmt wird, auf einen Frequenzwert einzustellen, welcher außerhalb des Resonatornennfrequenzbereichs liegt. Ein Schwin-

gungsdetektionssignal 12 von zu geringer Amplitude oder falscher Phasenlage führt dann zu einer unzulässig hohen bzw. tiefen Schwingfrequenz. Dies hat ein Ansprechen der zusätzlichen Frequenzauswertestufe 19 und damit eine Störmeldeausgabe an der Klemme 20 zur Folge.

Wichtig ist, daß das Bandfilter 7 die Schwingfrequenz in der Richtung aus dem Nennfrequenzbereich zieht, in welche die Frequenz auch bei Erreichen des anwendungstechnisch kritischen Füllgutniveauxzustandes wandert. Auf diese Weise wird verhindert, daß bei einem langsamen Frequenzübergang fälschlicherweise ein sicherer Niveauzustand zeitweise ausgegeben wird.

Bei der Einstellung des Bandfilters 7 auf einen Frequenzwert im Störmeldebereich, also in Stellung A des Wahlschalters 18, erfolgt durch Öffnen des Testschalters 4 die Simulation einer Störmeldeausgabe. Soll ebenfalls die Funktion der Füllstandauswertelektronik geprüft werden, so kann dies im dargestellten Beispiel bei geöffnetem Schalter 4 in Stellung B bzw. C des Wahlschalters 18 erfolgen. In Stellung C entspricht die Resonanzfrequenz des Bandfilters 7 dann dem Bedeckt-Frequenzwert der Schwingvorrichtung 1 und in Stellung C dem jeweiligen Unbedeckt-Frequenzwert. Der Umschalter 4 und der Wahlschalter 18 können hierzu beispielsweise elektronisch gesteuert sein, um einen automatischen Testablauf zu ermöglichen, bei dem alle Komponenten und Zustände eines erfindungsgemäßen Vibrations-Füllstand-Grenzschalter getestet werden.

Patentansprüche

1. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter, der eine Schwingvorrichtung (1) zur Füllstandserfassung aufweist, welche in einen Rückkopplungsast eines Rückkopplungsverstärkers (6) geschaltet ist, mit einer Frequenzauswerteschaltung (10), die das Ausgangssignal des Rückkopplungsverstärkers (6) auswertet und ein Ausgangssignal (11) erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers (6) einerseits das Ausgangssignal der Schwingvorrichtung (1) sowie andererseits das Ausgangssignal eines parallel zur Schwingvorrichtung (1) geschalteten Resonanzelements (7) zugeführt wird.
2. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Additionsstufe (5) vorgesehen ist, der einerseits das Ausgangssignal der Schwingvorrichtung (1) und andererseits das Ausgangssignal des Resonanzelements (7) zugeführt wird, wobei das summierte Ausgangssignal (13) der Additionsstufe (5) dem Eingang des Rückkopplungsverstärkers (6) zugeführt wird.
3. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzfrequenz des Resonanzelements (7) umschaltbar ist.
4. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Resonanzelement (7) ein Bandfilter ist.
5. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Resonanzelement (7, 8, 9) ein Bandfilter (7) mit vor- oder nachgeschaltetem Abschwächer (8) ist.
6. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzfrequenz des Resonanz-

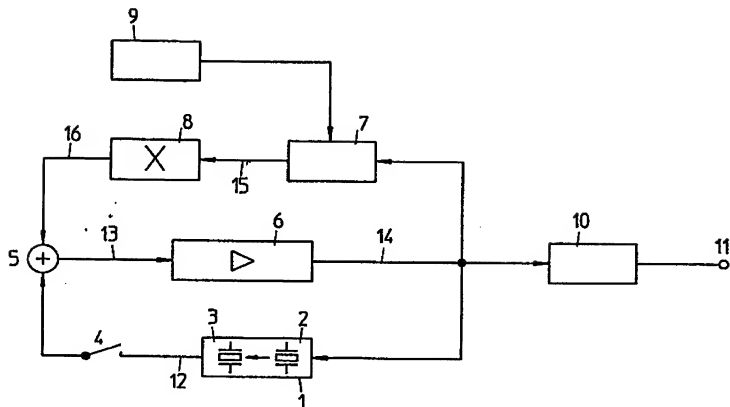
elements (7) derart gewählt wird, daß sie dem für die Anwendung sicheren Zustand der Schwingvorrichtung (1) entspricht.

7. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzfrequenz der Resonanzelemente (7) derart gewählt wird, daß sie außerhalb des Nennfrequenzbereichs der Schwingvorrichtung (1) liegt und daß Mittel (19) vorgesehen sind, die diese Frequenz erfassen und ein Fehlersignal (20) erzeugen.

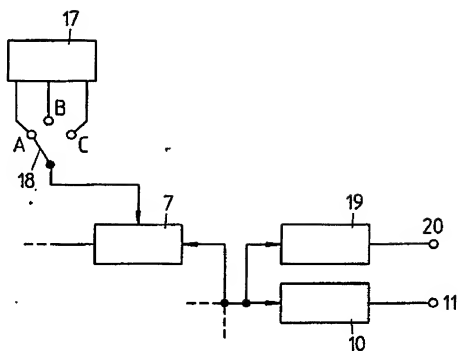
8. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ausgang der Schwingvorrichtung (1) und Additionsstufe (5) ein Schalter (4) geschaltet ist.

9. Vibrations-Füllstand-Grenzschalter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß Umschaltmittel (18) zur Einstellung verschiedener Resonanzfrequenzen des Resonanzelements (7) vorgesehen sind, wobei diese den Bedeckt- und Unbedecktfrequenzwerten der Schwingvorrichtung (1) entsprechen, und daß diese bei geöffnetem Schalter (4) zum Testen der nachgeschalteten Einheiten wahlweise einstellbar sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



Figur 1



Figur 2